

令和元年豪雨に伴う中川上流域における氾濫と 流域水収支分布に関する研究

Study on flooding flows of the 2019 heavy rain in the upper Nakagawa River basin and basin water balance map

22D3104016H 河南 大海（河川工学研究室）
Hiromi KANNAN / River Engineering Lab.

Key Words : the Nakagawa River, basin water balance map, lowland river, flood inundation, basin storage volume

1. 序論

中川・綾瀬川流域は大部分が標高10m以下の広大な低平地であり、上流域では水田が広がり、下流域では都市化が進行し、市街地が広がる流域である。図-1に示す昭和33年狩野川台風時の浸水実績から分かるように、古くから浸水被害が繰り返し発生する浸水に対して脆弱な地域である。図-1は平成3年9月の浸水被害発生時の写真を示し、本洪水では水田、市街地が広範囲にわたり甚大な浸水被害を受けた。これまで、浸水被害軽減のために、河道改修、排水機場、調節池、首都圏外郭放水路等の整備により総合治水対策が進められ、流域の治水安全度は向上してきたものの、依然として浸水被害の課題は残っている。中川・綾瀬川流域の浸水被害軽減のためには、流域に降った雨がいつ、どこに、どの程度の量が、どのような状態で存在するのかを見える化し、浸水氾濫特性や流域での貯留を理解することが重要である。

本研究では、これらを定量的に説明可能な流域水収支分布図に着目し、流域に水田と市街地の両方が広がる中川上流域を対象として、令和元年10月洪水時において、観測された水面形時系列を用いて洪水流解析を行い、河道内の洪水流、各調節池の貯留量及び放水路への流出量の時間変化を算出する。これにより、中川上流・倉松川流域の水収支分布図を作成し、現状で流域

が有する貯留効果を明らかにする。さらに、求められた流域貯留の詳細を把握するためには、流域の特徴である水田と市街地それぞれで占められた小流域を選定し、小流域での貯留・氾濫・流出機構を把握し、それを全体の流域に反映させるための検討を行い、その課題を示す。

2. 令和元年洪水と対象区間・解析条件

図-2は令和元年10月の中川・綾瀬川流域における累加雨量コンターと栗橋地点の雨量ハイトグラフを示す。中川・綾瀬川流域の下流域では累加雨量150mm程度に対し、上流域では300mm程度であり、上流域に降雨が集中した豪雨であった。また、雨量ハイトグラフから対象豪雨は、10月12日に短期間高強度の降雨が生じた特徴を持つ。

図-3は、対象とする中川上流・倉松川の流域を示す。中川・倉松川の観測された水面形時系列には流域から河道に集まってきて形成される洪水の特徴がみられる。このため、縦断的に設置された観測水面形を再現するように洪水流解析を行うことで、河道の洪水流量・貯留量、各調節池での貯留量、放水路への流出量がわかる。これより、流域全体での降雨と本流域の水収支分

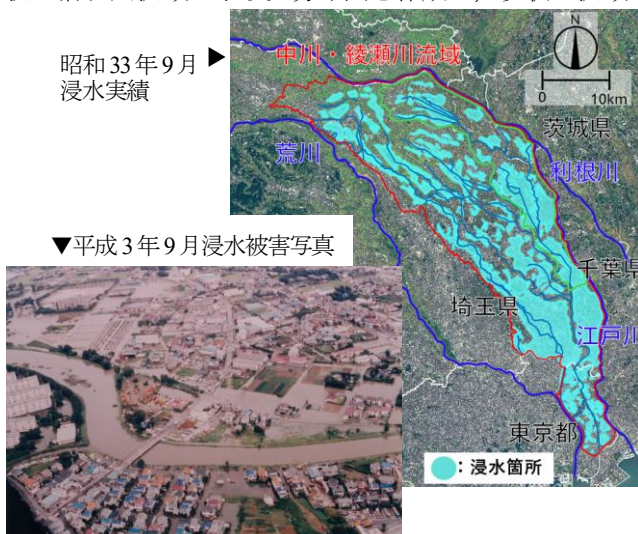


図-1 昭和33年の浸水実績と平成3年の浸水被害状況

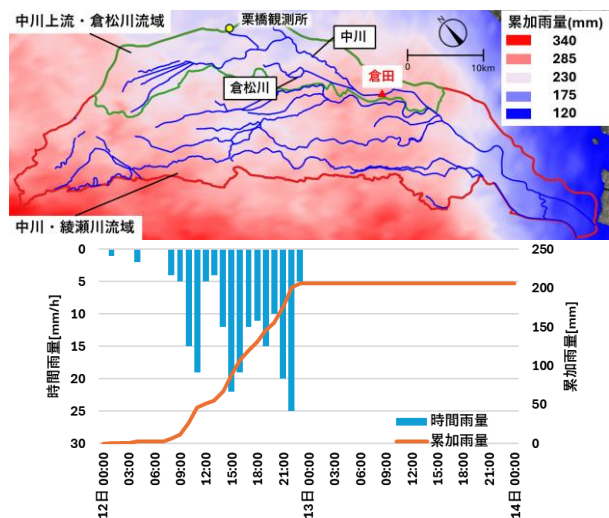


図-2 令和元年10月の降雨分布と
栗橋地点の雨量ハイトグラフ

布を明らかにすることができる。

検討区間は水門橋観測所（約69.7km）から倉田観測所（約40.3km）とし、区間内には支川として倉松川・五霞落川の合流があり、幸手放水路・首都圏外郭放水路への分流がある。また、中川沿いに権現堂調節池・幸手放水路、倉松川沿いに大島新田調節池が設置されている。本解析では、本川と支川・調節池の形状を取り込み、放水路の排水機場のポンプ運転状況も解析に反映させ、これらを一体的に平面二次元洪水解析を行った。倉松川から中川に合流する地点にある倉松川水門は、洪水時には中川から倉松川への逆流を防ぐために、10月12日15時33分にゲートを閉鎖し、倉松川の洪水流を首都圏外郭放水路に流入させている。10月15日13時35分にはゲートを開放し、これら条件も解析に考慮した。

粗度係数は、緩勾配河川に用いられる値を参考に一様に $0.018\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$ を与えた。解析区間には多くの小水路も合流しているが、洪水時の本川の水位が高い時間帯では小水路から河道への流入は極めて小さく、本解析では考慮しないものとした。

3. 解析結果と流域水収支分布図

(1) 観測水面形と解析水面形の比較

図-4は中川の観測と解析の水面形の時間変化を示し、図-5は、各水位観測所での観測水位と解析水位の時間変化を示す。また、図-6は下流端の倉田地点の解析と観測の流量ハイドログラフと倉松川の合流地点より上流の解析流量ハイドログラフを示す。増水期において各水位観測点における解析水位は観測水位を再現し、下流



図-3 対象とした中川上流・倉松川流域

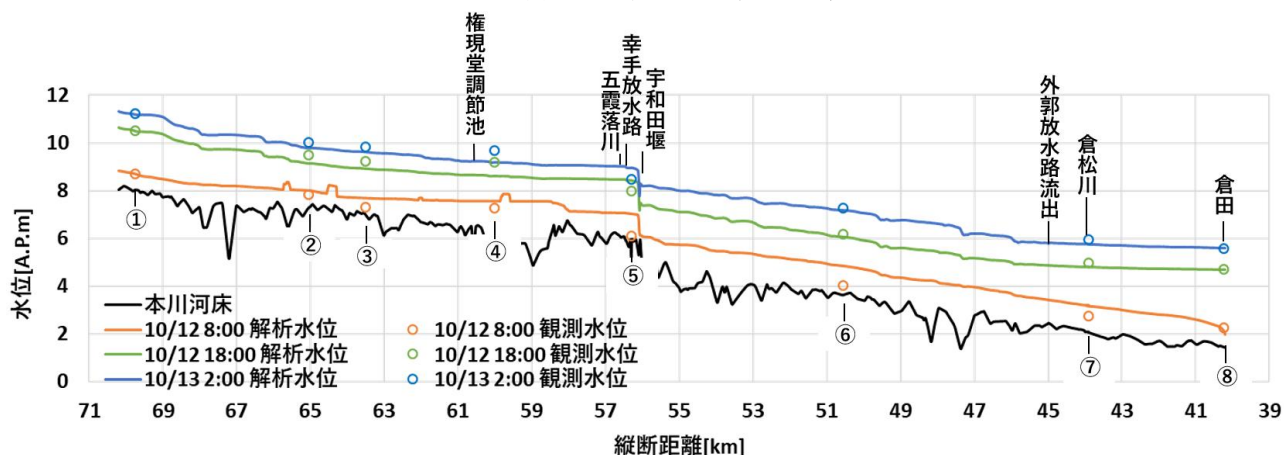


図-4 中川の観測水面形と解析水面形の時間変化

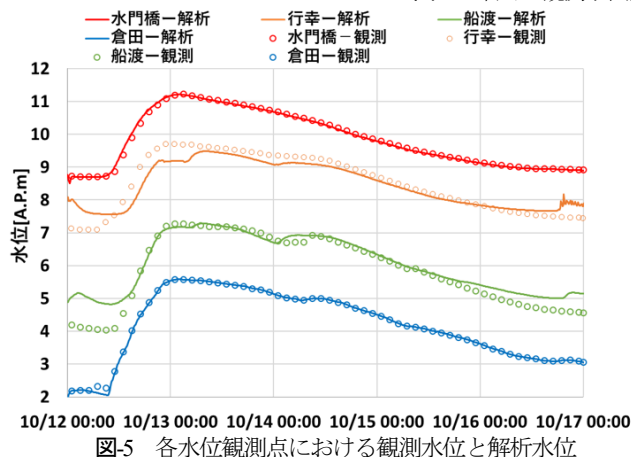


図-5 各水位観測点における観測水位と解析水位

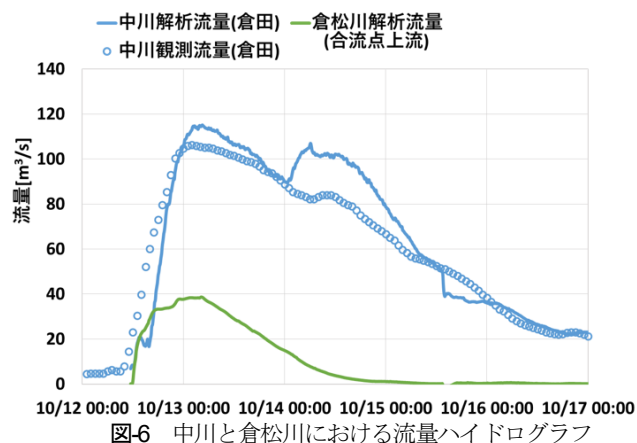


図-6 中川と倉松川における流量ハイドログラフ

端の倉田地点での解析流量も観測流量を概ね説明している。

(2) 流域水収支分布図

(1)式は倉田地点より上流域の水収支の式を示す。

$$\frac{dS_{basin}}{dt} + \frac{dS_{river}}{dt} + \frac{dS_1}{dt} + \frac{dS_2}{dt} = \frac{1}{3.6} R \cdot A - Q_{out} - Q_{out1} - Q_{out2} - Q_{out3} \quad (1)$$

ここで、 S_{basin} は流域貯留量、 S_{river} は河道貯留量、 S_1 は大島新田調節池貯留量、 S_2 は権現堂調節池貯留量、 R は流域内平均雨量、 A は流域面積、 Q_{out} は倉田地点からの流出量、 Q_{out1} は首都圏外郭放水路倉松川流入部からの流出量、 Q_{out2} は首都圏外郭放水路中川流入部からの流出量、 Q_{out3} は幸手放水路からの排水量である。図-7は(1)式に実績降雨量と、前節の解析結果より得られる任意の地点での流量ハイドログラフにより求まる各地点での貯留量・流出量、下流端からの河道流出量を代入して作成した流域水収支分布図である。

降雨は12日の7時頃から13日の0時頃までの間に降り、総降雨ボリュームは約5,200万 m^3 である。中川の洪水水位がピークとなる10月13日の2時頃では、河道への流出量は洪水ボリューム全体の2割程度であり、そのうち河道貯留量、調節池への貯留量、首都圏外郭放水路への流出量、幸手放水路からの排出量の合計の洪水ボリュームは1割程度を占めており、下流への流出ボリュームを低減している。総降雨ボリュームから河道への流出量を差し引いて求められる流域全体での貯留量は、10月13日の2時頃では全体の7~8割を占めており、流域に広く分布する水田や低平地に降った雨が流出せずに貯留され、一部が氾濫していると分かる。一方、これらにより流域内で極めて大きな洪水ボリュームを貯留し、下流域での氾濫リスクを軽減していることが分かる。

作成した流域水収支分布図から、非常に緩勾配な地形を有する本流域において、降雨の大部分は流域に貯留しており、やがてゆっくりと河道内に流出し、河道

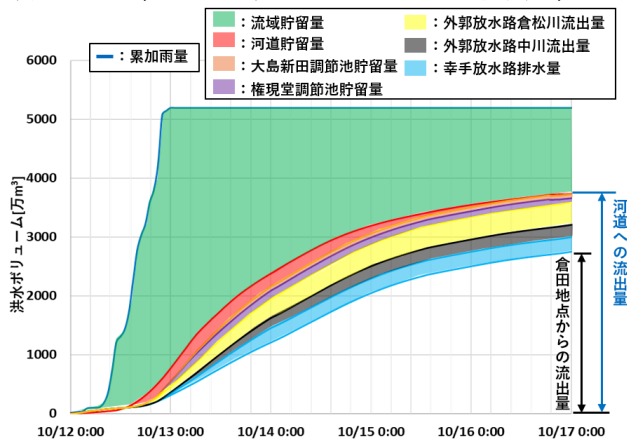


図-7 倉田地点（約 40.3km）より上流域における流域水収支分布図

での貯留、治水施設による調節を経て、減水期にかけて下流に流下している。低平地を流れる中川において河道改修のみでは浸水被害の軽減には限界があり、中川上流域では流域内に多くの水が貯留することから、流域内の貯留特性を踏まえた治水対策が重要である流域水収支分布図より得られた結果は、流域全体で治水を行う必要性を明確に示している。

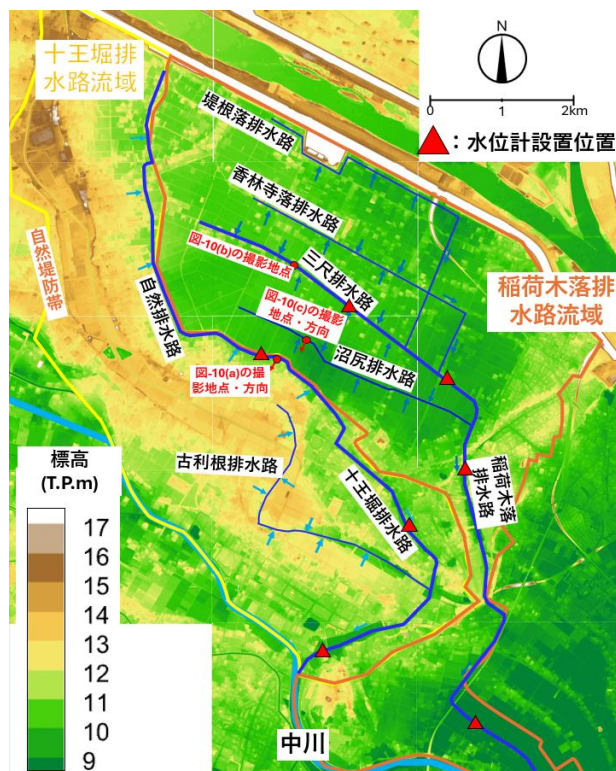
4. 小流域における洪水の貯留・流出機構把握のための検討

前章で示した流域水収支分布図より、総降雨ボリュームに対して多くの割合を占める流域貯留分がいつ、どこで、どの程度の量が、どのような状態で存在するのかを明らかにすることが、中川・綾瀬川流域の治水対策を考える上で重要である。そこで、中川上流・倉松川流域をさらに細かく分割し、小流域ごとの流域水収支分布図を作成することで流域貯留を詳細に見える化することを考える。まず、標高コンターと水路網の配置から10 km^2 程度の小流域に分割し、土地利用の状況から主に水田が占める小流域と、市街地が占める小流域をそれぞれ選定した。

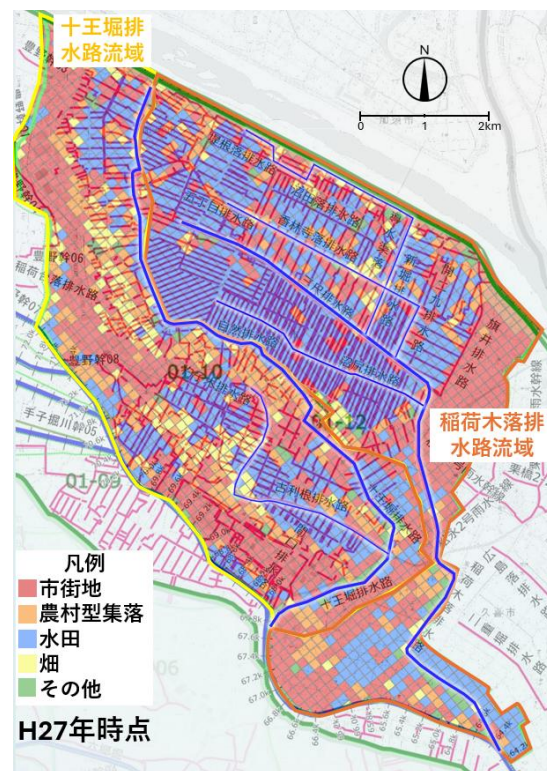
図-8(a)は選定した稲荷木落排水路流域（約13.4 km^2 ）と十王堀排水路流域（約11.8 km^2 ）の標高図と主要水路網の位置と水の集まり方を示す。十王堀排水路流域では標高が比較的高く、図-8(b)に示す土地利用状況から、市街地、農村型集落と農地が混在する地域である。この流域では雨水が道路側溝（図-9(a)）に集められ、側溝から十王堀排水路に排水され中川に合流する。稲荷木落排水路流域は、水田地帯を集水域に持つ標高の低い流域である。この流域に降った雨は水田の畦畔の高さ（15cm程度、図-9(b)）まで水田に貯められ、畦畔を越流した水は水田脇の排水路（図-9(c)）へ流出し、図-8(a)に示す主要な排水路に排水される。最終的にはこれらの排水路の水は稲荷木落排水路に集められ、中川に合流することが現地調査より確認できた。一方、中川の合流点付近と各小流域の標高差は小さいことから、洪水時の水位が高い時間帯は小水路からの水が中川に排水されづらいことが分かった。図-10は平成27年9月豪雨時の対象小流域内の浸水状況を示し、洪水流が流下せずに流域内に貯留され、氾濫していることがわかる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、中川・倉松川で観測された水面形を再現するように洪水流解析を行い、得られた河道の洪水流量、貯留量、各調節池での貯留量、放水路への流出量と降雨の関係を重ねることで、倉田地点より上流域における水収支分布図を作成し、各治水施設の効果、流域全体での貯留量の時間変化を見える化した。これにより、洪水増水期から減水期にかけて長期間にわた



(a) 対象小流域の地盤高・水の集まり方と水位計設置位置



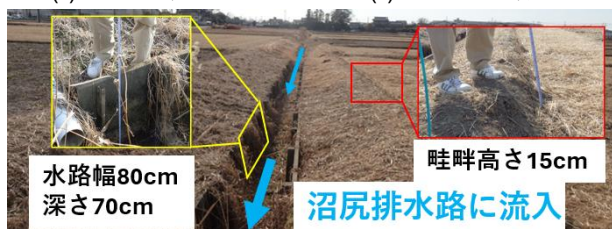
(b) 対象小流域の土地利用状況

図-8 稲荷木落排水路・十王堀排水水路流域図



(a) 道路側溝からの流入

(b) 水田の畦畔高さ



(c) 水田脇水路から主要排水路への流入

図-9 現地調査実施時の写真

り洪水ボリュームがゆっくりと河道に流出し、調節池や放水路による洪水調整を経て、下流へと流出していることが明らかになった。洪水時に流域内に貯留される洪水ボリュームが極めて大きいことを定量的に示したことは、流域全体を対象とした流域治水が必要であり、そのために流域水収支の検討が重要な知見を与えることを明らかにした。

求められた流域貯留の詳細を明らかにするため、流域の特徴である水田や市街地それぞれで主に占められた小流域を選定し、現地調査等によって畦畔の高さや排水路や水田脇の水路の流向や接続状況を調べた。今



図-10 平成27年9月豪雨時の三尺排水路浸水被害状況

後、水田が占める流域については水田での貯留・流出機構を把握するため、洪水時の水田での水位計測や水田とそれに接続する水路の諸元、接続状況等を把握すること、市街地が占める流域については雨水の下水道又は道路側溝からの排水状況等を把握すること、これらが流入する主用排水路の水位計測と水路諸元を把握し、小流域内に貯留された洪水ボリュームが、いつ、どこで、どの程度の量が、どのような状態で存在するの見える化することが課題である。そして、これらの知見を流域全体に反映させ、中川・綾瀬川全体の流域水収支分布を明らかにすることが課題である。

参考文献

- 1) 福岡捷二：河川技術論文集，第23巻，pp.252-256，2017.
- 2) 石井優太郎，福岡捷二：土木学会論文集，Vol.81，No.6，24-00128，2025.
- 3) 福岡龍，福岡捷二：土木学会論文集，Vol.81，No.6，24-00128，2025.